

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 09098155
PUBLICATION DATE : 08-04-97

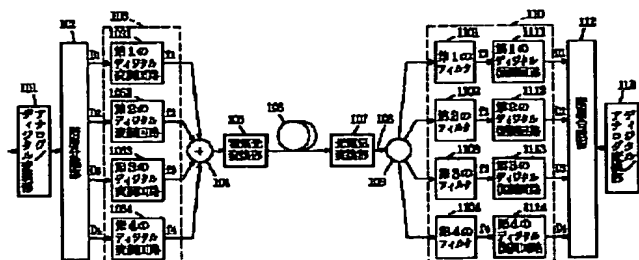
APPLICATION DATE : 03-10-95
APPLICATION NUMBER : 07256146

APPLICANT : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD;

INVENTOR : UCHIUMI KUNIAKI;

INT.CL. : H04J 14/00 H04J 14/02 H04J 1/00

TITLE : OPTICAL TRANSMISSION EQUIPMENT
AND OPTICAL TRANSMISSION
SYSTEM USING THE SAME



ABSTRACT : **PROBLEM TO BE SOLVED:** To make transmission quality uniform at each channel by performing A/D conversion and hierarchical separation to a transmission analog signal and performing batch optical transmission by modulating and multiplexing the carrier wave of a correspondent frequency for each hierarchy.

SOLUTION: A digital electric signal passed through an A/D converter 101 is divided into plural hierarchies corresponding to the degree of importance consisting of source data by a hierarchical separation part 102 and modulated by 1st-4th digital modulation circuits 1031-1034 at a modulation part 103 for modulating the modulating carrier wave of a frequency corresponding to each hierarchy by a hierarchical signal. This modulated signal is passed through a multiplexer part 104 and an electric/optic converting part 105 and a batch signal is transmitted. In this case, the carrier signal of a low frequency is modulated by the modulation part 103 corresponding to the degree of importance consisting of a transmission signal and the transmission quality can be made uniform at low cost for each channel having the different levels of waveform degradation and distortion corresponding to bands.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-98155

(43) 公開日 平成9年(1997)4月8日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 J	14/00		H 0 4 B 9/00	E
	14/02		H 0 4 J 1/00	
	1/00			

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平7-256146

(22) 出願日 平成7年(1995)10月3日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 布施 優

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(72) 発明者 内海 邦昭

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

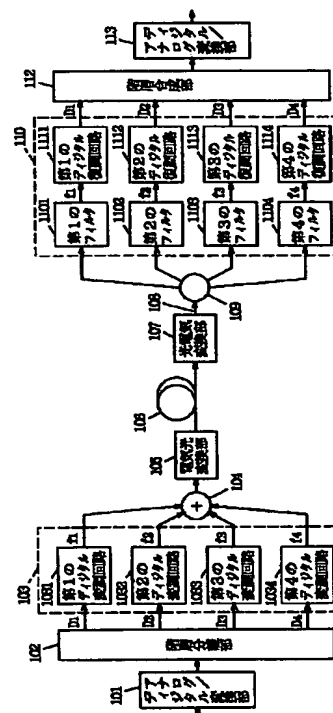
(74) 代理人 弁理士 小笠原 史朗

(54) 【発明の名称】 光送信装置およびそれを用いた光伝送システム

(57) 【要約】

【課題】 アナログSCM伝送技術を用いて、複数のデジタル変調信号を一括光伝送するシステムでは、帯域によって伝送信号の波形劣化の程度または歪みの大きさが異なり、各チャンネルの伝送品質に差異が生じるという問題があった。

【解決手段】 伝送すべきアナログ信号は、アナログ／デジタル変換部101でデジタル信号に変換された後、階層分離部102で元のアナログ信号を構成する上での重要度に応じて、複数グループのデジタル情報に分割される。変調部103は、各グループに個別的に割り当てられ互いに異なる周波数の搬送波を、該デジタル情報でデジタル変調する。多重部104は、全てのデジタル変調信号を周波数多重して一括光伝送する。この場合、重要なデジタル情報を司る搬送波ほど低周波側に設定し、重要度の低いデジタル情報を司る搬送波ほど高周波側に設定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 周波数多重されたデジタル変調信号を光伝送するシステムであって、与えられたデジタル信号を、所定の階層化方式に従い、元のデータを構成する上での重要度に応じて、 n (n は、2以上の自然数)個の階層に分割し、重要度の高いものから順番に並べられた第1～第 n のデジタル情報として出力する階層分離部と、前記第1～第 n のデジタル情報に個別に割り当てられた互いに周波数の異なる第1～第 n の搬送波を、当該デジタル情報でデジタル変調して、第1～第 n のデジタル変調信号を出力する変調部と、前記変調部から出力された第1～第 n のデジタル変調信号を周波数多重する多重部と、前記多重部から出力された電気信号を光信号に変換する電気光変換部と、前記電気光変換部から出力された光信号を伝送する光伝送路と、前記光伝送路によって伝送された光信号を電気信号に変換する光電気変換部と、前記光電気変換部から出力された電気信号を伝送する伝送路と、前記伝送路によって伝送された電気信号を m (m は、 $1 \leq m \leq n$ の自然数)個の電気信号に分岐する分岐部と、前記分岐部から出力された m 個の電気信号をそれぞれ復調して、前記第1～第 n のデジタル情報の中から選択された第1～第 m のデジタル情報を出力する復調部と、前記第1～第 m のデジタル情報を入力し、前記所定の階層化方式と逆の過程に従ってデジタル信号を合成して出力する階層合成部とを備える、光伝送システム。

【請求項2】 $n > m$ の場合、前記復調部は、前記分岐部から出力された m 個の電気信号をそれぞれ復調して、前記第1～第 n のデジタル情報の内、重要度の高いものから順番に選択された第1～第 m のデジタル情報を出力することを特徴とする、請求項1に記載の光伝送システム。

【請求項3】 前記光伝送路の全伝送帯域において、前記第1～第 n の搬送波は、重要度の高いデジタル情報に割り当てられる搬送波ほど、より伝送特性の良好な帯域に配置され、重要度の低いデジタル情報に割り当てられる搬送波ほど、より伝送特性の悪い帯域に配置されることを特徴とする、請求項1に記載の光伝送システム。

【請求項4】 前記デジタル信号は、 w (w は、 n 以上の自然数)ビットを有するデジタル信号であり、前記階層分離部は、前記 w ビットのデジタル信号を、最上位ビットから最下位ビットまで順番に、1ビット以上毎に第1～第 n のデジタル情報に分割し、前記光伝送路の全伝送帯域において、前記第1～第 n の

搬送波は、最上位ビットに近いビットが属するデジタル情報に割り当てられる搬送波ほど、より伝送特性の良好な帯域に配置され、最下位ビットに近いビットが属するデジタル情報に割り当てられる搬送波ほど、より伝送特性の悪い帯域に配置されることを特徴とする、請求項3に記載の光伝送システム。

【請求項5】 前記階層分離部は、前記デジタル信号に対し、所定の時間／周波数変換を施し、直流成分から最高周波成分まで順番に、第1～第 n のデジタル情報に分割し、前記光伝送路の全伝送帯域において、前記第1～第 n の搬送波は、直流成分に近い成分が属するデジタル情報に割り当てられる搬送波ほど、より伝送特性の良好な帯域に配置され、最高周波成分に近い成分が属するデジタル情報に割り当てられる搬送波ほど、より伝送特性の悪い帯域に配置されることを特徴とする、請求項3に記載の光伝送システム。

【請求項6】 前記階層分離部は、前記デジタル信号に対し、前記所定の時間／周波数変換として、フーリエ変換を施すことを特徴とする、請求項5に記載の光伝送システム。

【請求項7】 前記階層分離部は、前記デジタル信号に対し、前記所定の時間／周波数変換として、離散コサイン変換(DCT)を施すことを特徴とする、請求項5に記載の光伝送システム。

【請求項8】 前記光伝送路の全伝送帯域において、より伝送特性の良好な帯域は、より低周波数域であり、より伝送特性の良好でない前記帯域は、より高周波数域であることを特徴とする、請求項3～7のいずれかに記載の光伝送システム。

【請求項9】 p チャンネル(p は、2以上の自然数)のデジタル信号に対応して、前記階層分離部と、前記変調部と、前記復調部と、前記階層合成部とが p 組設けられており、前記多重部は、前記 p 組の変調部から出力される全デジタル変調信号を周波数多重し、前記分岐部は、前記伝送路によって伝送された電気信号を分岐して、前記 p 組の復調部に入力し、それによって前記 p チャンネルのデジタル信号を周波数多重して一括光伝送することを特徴とする、請求項1に記載の光伝送システム。

【請求項10】 前記光伝送路途上に配置され、光信号を q (q は、2以上の自然数)個に分岐する光分岐部をさらに備え、前記光電気変換部と、前記伝送路と、前記分岐部と、前記 p 組の復調部と、前記 p 組の階層合成部とで構成される光受信セットが、前記光分岐部によって分岐された q 個の光信号に対応して、 q セット設けられていることを特徴とする、請求項9に記載の光伝送システム。

【請求項11】 前記 q セットの光受信セットの内、少

なくとも一部のセットにおいて、 $n > m$ の条件が成立することを特徴とする、請求項9に記載の光伝送システム。

【請求項12】 前記光電気変換部からの出力信号を t (t は、2以上の自然数)個に分岐する電気分配部をさらに備え、

前記伝送路と、前記分岐部と、前記 p 組の復調部と、前記 p 組の階層合成部とで構成される光受信セットが、前記光分岐部によって分岐された t 個の電気信号に対応して、 t セット設けられていることを特徴とする、請求項9に記載の光伝送システム。

【請求項13】 前記 t セットの光受信セットの内、少なくとも一部のセットにおいて、 $n > m$ の条件が成立することを特徴とする、請求項12に記載の光伝送システム。

【請求項14】 前記光伝送路の全伝送帯域を低域から高域にかけて第1～第 n の情報伝送帯域に分割し、各帯域内には、互いに異なる周波数の p 個の搬送波を設定し、前記 p チャンネルのデジタル信号のそれぞれに対して割り当てられる前記第1～第 n の搬送波は、第1～第 n の情報伝送帯域から1つずつピックアップされることを特徴とする、請求項9～13のいずれかに記載の光伝送システム。

【請求項15】 アナログ信号をデジタル信号に変換して前記階層変換部に入力するアナログ/デジタル変換部と、前記階層合成部から出力されたデジタル信号をアナログ信号に再変換するデジタル/アナログ変換部とをさらに備える、請求項1～14のいずれかに記載の光伝送システム。

【請求項16】 周波数多重されたデジタル変調信号を光信号に変換して光伝送路上に送信する光送信装置であって、与えられたデジタル信号を、所定の階層化方式に従い、元のデータを構成する上での重要度に応じて、 n (n は、2以上の自然数)個の階層に分割し、重要度の高いものから順番に並べられた第1～第 n のデジタル情報として出力する階層分離部と、前記第1～第 n のデジタル情報に個別的に割り当てられた互いに周波数の異なる第1～第 n の搬送波を、当該デジタル情報でデジタル変調して、第1～第 n のデジタル変調信号を出力する変調部と、前記変調部から出力された第1～第 n のデジタル変調信号を周波数多重する多重部と、前記多重部から出力された電気信号を光信号に変換して前記光伝送路上に送出する電気光変換部とを備える、光送信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の実施の形態】本発明は、光伝送システムに関

し、より特定的には、周波数多重されたデジタル変調信号を光伝送するシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】図9は、従来の光伝送システムの第1の例を示した図である。図9において、この光伝送システムは、アナログ/デジタル変換部901と、デジタル変調回路903と、電気光変換部905と、光伝送路906と、光電気変換部907と、伝送路908と、復調部9100と、デジタル/アナログ変換部913とを備えている。なお、復調部9100は、フィルタ910と、デジタル復調回路911を含む。

【0003】次に、図9に示す従来の光伝送システムの動作について説明する。アナログ/デジタル変換部901は、例えば映像信号のようなアナログ信号を、サンプリングおよび量子化してデジタル信号に変換する。デジタル変調回路903は、所定の周波数 f_0 の搬送波を用いて、所定のデジタル変調方式により、上記デジタル信号をデジタル変調信号に変換し、出力する。このデジタル変調信号は、電気光変換部905において光信号に変換され、光伝送路906によって伝送された後、光電気変換部907において電気信号に再変換される。復調部9100では、フィルタ910を透過した該周波数 f_0 の上記デジタル変調信号を、デジタル復調回路911がデジタル信号に変換する。デジタル/アナログ変換部913は、当該デジタル信号をアナログ信号に再変換する。上記所定のデジタル変調方式としては、例えば16QAM変調方式があり、この場合、一般に数10Mbpsの伝送レートを確保することが可能である。

【0004】図10は、従来の光伝送システムの第2の例を示した図である。図10において、この光伝送システムは、アナログ/デジタル変換部901と、分割部1002と、変調部1003と、多重部1004と、電気光変換部905と、光伝送路906と、光電気変換部907と、伝送路908と、分岐部1009と、復調部1010と、合成部1012と、デジタル/アナログ変換部913を含む。また、変調部1003は、第1のデジタル変調回路10031と、第2のデジタル変調回路10032を含む。また、復調部1010は、第1のフィルタ10101と、第2のフィルタ10102と、第1のデジタル復調回路10111と、第2のデジタル復調回路10112を含む。

【0005】次に、図10に示す従来の光伝送システムの動作について説明する。本例は、上述の第1の従来例よりも、伝送レートが高い場合の構成を示し、1つの信号を伝送するために、予め定められた互いに異なる2つの周波数 f_1 、 f_2 の搬送波を使用する。すなわち、分割部1002は、アナログ/デジタル変換後のデジタル信号を、所定の分割法に従って、2つのデジタル情報グループ(第1のデジタル情報 J_1 および第2の

デジタル情報 J_2)に分割する。そして、これら分割された2つのデジタル情報を、変調部1003内の第1のデジタル変調回路10031および第2の変調回路10032が、各々独立の2つの搬送波(周波数 f_1 , f_2)を用いてデジタル変調信号に変換し、多重部1004が周波数多重して1信号とする。

【0006】電気光変換部905、光伝送路906、光電気変換部907、伝送路908を介して伝送された信号は、分岐部1009において2分岐された後、復調部1010内の第1のフィルタ10101および第2のフィルタ10102に入力される。第1のデジタル復調回路10111は、第1のフィルタ10101を透過した第1のデジタル変調信号(周波数 f_1)を、第1のデジタル情報 J_1 に復調する。また、第2のデジタル復調回路10112は、第2のフィルタ10102を透過した第2のデジタル変調信号(周波数 f_2)を、第2のデジタル情報 J_2 に復調する。合成部1012は、これら第1および第2のデジタル情報 J_1 および J_2 を、上記分割部1002における上記所定の分割法の逆過程に従って合成し、デジタル信号を再生する。ここで、所定の分割法としては、例えば、1サンプルおきに2グループに分ける方法などがある。第1の従来例において説明したように、デジタル変調信号は、1搬送波で伝送できる容量に限りがある。そのため、本例では、伝送すべきデジタル信号を複数(図10では2つ)の情報グループに分割し、各々を独立の搬送波を用いてデジタル変調信号に変換し、これを周波数多重して一括伝送することにより、より高い(第1の従来例の2倍の)伝送レートを確保している。

【0007】図11は、従来の光伝送システムの第3の例を示した図である。図11において、この光伝送システムは、第1～第3のアナログ/デジタル変換部11011～11013と、分割部1102と、第1～第3の変調部11031～11033と、チャンネル多重部1104と、電気光変換部905と、光伝送路906と、光電気変換部907と、伝送路908と、チャンネル分岐部1109と、第1～第3の復調部11101～11103と、合成部1112と、第1～第3のデジタル/アナログ変換部11131～11133とを備えている。

【0008】次に、図11に示す従来の光伝送システムの動作について説明する。前述の第1および第2の従来例が1チャンネルの伝送システムであるのに対し、本従来例は、複数チャンネル(図11では3チャンネル)の伝送に対応した構成となっている。すなわち、本従来例では、3チャンネルの信号 C_1 , C_2 , C_3 に対して、例えば図12に示すように、予め割り当てられた互いに異なる周波数 f_1 , f_{21} , f_{22} , f_3 の搬送波を用いてデジタル変調を施し、これを周波数多重して一括光伝送する。そのために、本従来例は、3つの伝送信号 C

1 , C_2 , C_3 の各々に対して、アナログ/デジタル変換部、変調部、復調部、デジタル/アナログ変換部を備え、チャンネル多重部1104は、全ての変調部11031～11033から出力されるデジタル変調信号を周波数多重する。チャンネル分岐部1109は、電気光変換部905～伝送路908を介して光伝送された信号を分岐して、全ての復調部11101～11103に入力する。なお、図11では、第2チャンネルの信号 C_2 のみ高い伝送レートを要するものとし、分割部1102および合成部1112を備え、2つの搬送波(周波数 f_{21} , f_{22})を用いて伝送する。各構成要素の詳細な動作は、第1および第2の従来例と同様であるため、その詳細な説明を省略する。

【0009】上記のように、複数の搬送波を用いて周波数多重信号を光伝送するアナログSCM(Sub-Carrier Multiplex)伝送技術を用いたシステムは、容易に高ビットレート・多チャンネルの情報を伝送できるシステムとして有効なものである。しかしながら、一般に伝送系(電気光変換部～光伝送路～光電気変換部～伝送路)は、周波数特性を有し、全伝送帯域に亘って等しく様な伝送特性を得ることは困難である。例えば、電気光変換部に用いられる直接変調光源(半導体レーザ)は、その緩和振動周波数の影響のため、高周波域程、電気光変換時の非線形性による波形歪が大きくなるという特性を持つ。このため、搬送波周波数の高いデジタル変調信号の波形劣化は、搬送波周波数の低いデジタル変調信号の波形劣化に比べて大きくなり、BER(符号誤り率)などの伝送品質が悪化するという欠点を有している。また、伝送チャンネル数が多い場合、2次歪みは伝送帯域の真ん中付近で、また3次歪みは伝送帯域の上下で大きくなるという性質を有している。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、アナログSCM伝送技術を用いて、複数のデジタル変調信号を伝送する従来の光伝送システムでは、帯域によって伝送信号の波形劣化の程度あるいは歪みの大きさが異なり、各チャンネルの伝送品質に差異が生じるという問題があった。

【0011】なお、上記のような問題は、アナログ信号をデジタル信号に変換して伝送する場合に限らず、デジタルデータを多重化して光伝送する場合にも生じる。

【0012】それ故に、本発明の目的は、全伝送帯域内における伝送特性の不揃いが、受信側で再生された情報に与える影響を最小限に軽減し、あるいはチャンネル間の受信品質の差異を回避し得る光伝送システムおよび光送信装置を提供することである。

【0013】本発明の他の目的は、全てのチャンネルの情報を送信または受信することができない場合であって

も、受信側で再生される信号の品質をできるだけ良好に保つことができる光伝送システムおよび光送信装置を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段および発明の効果】第1の発明は、周波数多重されたデジタル変調信号を光伝送するシステムであって、与えられたデジタル信号を、所定の階層化方式に従い、元のデータを構成する上での重要度に応じて、 n (n は、2以上の自然数)個の階層に分割し、重要度の高いものから順番に並べられた第1～第 n のデジタル情報として出力する階層分離部と、第1～第 n のデジタル情報に個別的に割り当てられた互いに周波数の異なる第1～第 n の搬送波を、当該デジタル情報でデジタル変調して、第1～第 n のデジタル変調信号を出力する変調部と、変調部から出力された第1～第 n のデジタル変調信号を周波数多重する多重部と、多重部から出力された電気信号を光信号に変換する電気光変換部と、電気光変換部から出力された光信号を伝送する光伝送路と、光伝送路によって伝送された光信号を電気信号に再変換する光電気変換部と、光電気変換部から出力された電気信号を伝送する伝送路と、伝送路によって伝送された電気信号を m (m は、 $1 \leq m \leq n$ の自然数)個の電気信号に分岐する分岐部と、分岐部から出力された m 個の電気信号をそれぞれ復調して、第1～第 n のデジタル情報の中から選択された第1～第 m のデジタル情報を出力する復調部と、第1～第 m のデジタル情報を入力し、所定の階層化方式と逆の過程に従ってデジタル信号を合成して出力する階層合成部とを備えている。

【0015】上記のように、第1の発明では、伝送すべきデジタル信号を、元のデータを構成する上での重要度に応じて、複数階層のデジタル情報に分割し、各階層毎に割り当てられた互いに異なる周波数の搬送波を、当該デジタル情報でデジタル変調し、全てのデジタル変調信号を周波数多重して一括光伝送する。また、光伝送後の再変換された電気信号に対して、各デジタル変調信号を復調し、各グループのデジタル情報を合成して、元のデジタル信号を再生する。

【0016】従って、第1の発明によれば、伝送信号を構成する上での重要度に応じて、伝送情報に対して種々の操作ないし伝送制御が可能となる。その結果、高品質、低コストで、かつ発展性に優れた光伝送システムを実現することができる。

【0017】第2の発明は、第1の発明において、 $n > m$ の場合、復調部は、分岐部から出力された m 個の電気信号をそれぞれ復調して、第1～第 n のデジタル情報の内、重要度の高いものから順番に選択された第1～第 m のデジタル情報を出力することを特徴とする。

【0018】光伝送路の容量が小さい場合や、受信器の能力が低い場合、全階層のデジタル情報を伝送あるいは

は受信できない場合が生じる。このような場合、第2の発明では、重要度の高い情報を優先的に伝送または受信することにより、再生されたデータに生じる影響を最小限に抑えるようにしている。

【0019】第3の発明は、第1の発明において、光伝送路の全伝送帯域において、第1～第 n の搬送波は、重要度の高いデジタル情報に割り当てられる搬送波ほど、より伝送特性の良好な帯域に配置され、重要度の低いデジタル情報に割り当てられる搬送波ほど、より伝送特性の悪い帯域に配置されることを特徴とする。

【0020】前述したように、周波数多重された信号を光伝送路を用いて伝送する場合、使用する帯域によって伝送信号の波形劣化の程度あるいは歪みの大きさが異なる。そこで、第3の発明では、重要度の高い階層情報は伝送特性の良好な帯域で伝送し、重要度の低い階層情報は伝送特性の悪い帯域で伝送することにより、伝送時に発生する劣化や歪みが、受信側で再生されたデータに与える影響を最小限に抑えるようにしている。これによって、高品質な伝送が可能となる。

【0021】第4の発明は、第3の発明において、デジタル信号は、 w (w は、 n 以上の自然数)ビットを有するデジタル信号であり、階層分離部は、 w ビットのデジタル信号を、最上位ビットから最下位ビットまで順番に、1ビット以上毎に第1～第 n のデジタル情報に分割し、光伝送路の全伝送帯域において、第1～第 n の搬送波は、最上位ビットに近いビットが属するデジタル情報に割り当てられる搬送波ほど、より伝送特性の良好な帯域に配置され、最下位ビットに近いビットが属するデジタル情報に割り当てられる搬送波ほど、より伝送特性の悪い帯域に配置されることを特徴とする。

【0022】上記のように、第4の発明では、複数ビットを有するデジタル信号を、1ビット以上毎に分割して、第1～第 n のデジタル情報に階層化するようにしている。そして、データを構成する上で重要度が高い上位ビットのデジタル情報は伝送特性の良好な帯域で伝送し、データを構成する上で重要度が低い下位ビットのデジタル情報は伝送特性の悪い帯域で伝送するようにしている。これによって、高品質な伝送が可能となる。

【0023】第5の発明は、第3の発明において、階層分離部は、デジタル信号に対し、所定の時間/周波数変換を施し、直流成分から最高周波成分まで順番に、第1～第 n のデジタル情報に分割し、光伝送路の全伝送帯域において、第1～第 n の搬送波は、直流成分に近い成分が属するデジタル情報に割り当てられる搬送波ほど、より伝送特性の良好な帯域に配置され、最高周波成分に近い成分が属するデジタル情報に割り当てられる搬送波ほど、より伝送特性の悪い帯域に配置されることを特徴とする。

【0024】上記のように、第5の発明では、デジタル信号に対し、所定の時間/周波数変換を施すことによ

り、直流成分から最高周波成分まで順番に、第1～第nのデジタル情報に分割するようにしている。そして、データを構成する上で重要度が高いデジタル情報、すなわち直流成分に近い成分が属するデジタル情報は伝送特性の良好な帯域で伝送し、データを構成する上で重要度が低いデジタル情報、すなわち最高周波成分に近い成分が属するデジタル情報は伝送特性の悪い帯域で伝送するようにしている。これによって、高品質な伝送が可能となる。

【0025】第6の発明は、第5の発明において、階層分離部は、デジタル信号に対し、所定の時間/周波数変換として、フーリエ変換を施すことを特徴とする。

【0026】第7の発明は、第5の発明において、階層分離部は、デジタル信号に対し、所定の時間/周波数変換として、離散コサイン変換(DCT)を施すことを特徴とする。

【0027】第8の発明は、第3～7のいずれかの発明において、光伝送路の全伝送帯域において、より伝送特性の良好な帯域は、より低周波数域であり、より伝送特性の良好でない帯域は、より高周波数域であることを特徴とする。

【0028】前述したように、一般的に光伝送システムにおいて、搬送波周波数の高いデジタル変調信号の波形劣化は大きくなる。そこで、第8の発明では、重要度の高いデジタル情報を伝送する帯域として低周波数域を用い、重要度の低いデジタル情報を伝送する帯域として高周波数域を用いるようにしている。

【0029】なお、特定の次数の歪みについての波形劣化を問題とする場合は、伝送特性の良好でない帯域が高域に分布しているとは限らないので、重要度の低いデジタル情報を伝送するために、高域以外の他の帯域が用いられる場合もある。例えば、3次歪みは、全伝送帯域中の中間帯域で大きくなるので、3次歪みによる波形劣化を問題とする場合、重要度の低いデジタル情報は、中間帯域を用いて伝送される。また、2次歪みは、全伝送帯域中の高域および低域で大きくなるので、2次歪みによる波形劣化を問題とする場合、重要度の低いデジタル情報は、高域または低域を用いて伝送される。

【0030】第9の発明は、第1の発明において、pチャンネル(pは、2以上の自然数)のデジタル信号に対応して、階層分離部と、変調部と、復調部と、階層合成部とがp組設けられており、多重部は、p組の変調部から出力される全デジタル変調信号を周波数多重し、分岐部は、伝送路によって伝送された電気信号を分岐して、p組の復調部に入力し、それによってpチャンネルのデジタル信号を周波数多重して一括光伝送することを特徴とする。

【0031】上記のように、第9の発明では、階層分離部と、変調部と、復調部と、階層合成部とをp組設けることにより、pチャンネルのデジタル信号を周波数多

重して一括光伝送するようにしている。これによって、伝送能力がさらに増大する。

【0032】第10の発明は、第9の発明において、光伝送路途上に配置され、光信号をq(qは、2以上の自然数)個に分岐する光分岐部をさらに備え、光電気変換部と、伝送路と、分岐部と、p組の復調部と、p組の階層合成部とで構成される光受信セットが、光分岐部によって分岐されたq個の光信号に対応して、qセット設けられていることを特徴とする。

【0033】上記のように、第10の発明では、光伝送路途上の光信号をq個の光信号に分岐することにより、複数の受信器に同時に分配することを可能にしている。

【0034】第11の発明は、第10の発明において、qセットの光受信セットの内、少なくとも一部のセットにおいて、 $n > m$ の条件が成立することを特徴とする。

【0035】上記のように、第11の発明では、少なくとも一部の光受信セットにおいて、 $n > m$ の条件が成立する。すなわち、当該一部の光受信セットでは、受信能力不足等の理由により、全ての階層のデジタル情報を復調できないので、重要度の高い階層のデジタル情報を復調することにより、できるだけ品質の高い再生データを得るようにしている。

【0036】第12の発明は、第9の発明において、光電気変換部からの出力信号をt(tは、2以上の自然数)個に分岐する電気分配部をさらに備え、伝送路と、分岐部と、p組の復調部と、p組の階層合成部とで構成される光受信セットが、光分岐部によって分岐されたt個の電気信号に対応して、tセット設けられていることを特徴とする。

【0037】上記のように、第12の発明では、光電気変換部からの出力信号をt個の電気信号に分岐することにより、複数の受信器に同時に分配することを可能にしている。

【0038】第13の発明は、第12の発明において、tセットの光受信セットの内、少なくとも一部のセットにおいて、 $n > m$ の条件が成立することを特徴とする。

【0039】上記のように、第13の発明では、少なくとも一部の光受信セットにおいて、 $n > m$ の条件が成立する。すなわち、当該一部の光受信セットでは、受信能力不足等の理由により、全ての階層のデジタル情報を復調できないので、重要度の高い階層のデジタル情報を復調することにより、できるだけ品質の高い再生データを得るようにしている。

【0040】第14の発明は、第9～13のいずれかの発明において、光伝送路の全伝送帯域を低域から高域にかけて第1～第nの情報伝送帯域に分割し、各帯域内には、互いに異なる周波数のp個の搬送波を設定し、pチャンネルのデジタル信号のそれぞれに対して割り当てられる第1～第nの搬送波は、第1～第nの情報伝送帯域から1つずつピックアップされることを特徴とする。

【0041】上記のように、第14の発明では、 p チャンネルのデジタル信号を同時に光伝送する場合、光伝送路の全伝送帯域を低域から高域にかけて第1～第 n の情報伝送帯域に分割し、各帯域内には、互いに異なる周波数の p 個の搬送波を設定する。そして、 p チャンネルのデジタル信号のそれぞれに対して割り当てられる第1～第 n の搬送波を、第1～第 n の情報伝送帯域から1つずつピックアップするようにしている。

【0042】第15の発明は、第1～14のいずれかの発明において、アナログ信号をデジタル信号に変換して階層変換部に入力するアナログ／デジタル変換部と、階層合成部から出力されたデジタル信号をアナログ信号に再変換するデジタル／アナログ変換部とをさらに備えている。

【0043】上記のように、第15の発明では、映像データや音声データ等のアナログ信号をデジタル信号に変換した後、光伝送するようにしている。

【0044】第16の発明は、周波数多重されたデジタル変調信号を光信号に変換して光伝送路上に送信する光送信装置であって、与えられたデジタル信号を、所定の階層化方式に従い、元のデータを構成する上での重要度に応じて、 n (n は、2以上の自然数)個の階層に分割し、重要度の高いものから順番に並べられた第1～第 n のデジタル情報として出力する階層分離部と、第1～第 n のデジタル情報に個別に割り当てられた互いに周波数の異なる第1～第 n の搬送波を、当該デジタル情報でデジタル変調して、第1～第 n のデジタル変調信号を出力する変調部と、変調部から出力された第1～第 n のデジタル変調信号を周波数多重する多重部と、多重部から出力された電気信号を光信号に変換して光伝送路上に送出する電気光変換部とを備えている。

【0045】上記のように、第16の発明では、伝送すべきデジタル信号を、デジタル信号に変換後、元のデータを構成する上での重要度に応じて、複数階層のデジタル情報に分割し、各階層毎に割り当てられた互いに異なる周波数の搬送波を、当該デジタル情報でデジタル変調し、全てのデジタル変調信号を周波数多重して一括光伝送するようにしている。

【0046】従って、第16の発明によれば、伝送信号を構成する上での重要度に応じて、伝送情報に対して種々の操作ないし伝送制御が可能となる。その結果、高品質、低コストで、かつ発展性に優れた光伝送システムを実現することができる。

【0047】

【発明の実施の形態】

(1) 第1の実施例

図1は、本発明の第1の実施例に係る光伝送システムの構成を示す図である。図1において、本実施例の光伝送システムは、アナログ／デジタル変換部101と、階層合成部102と、変調部103と、多重部104と、

電気光変換部105と、光伝送路106と、光電気変換部107と、伝送路108と、分岐部109と、復調部110と、階層合成部112と、デジタル／アナログ変換部113とを備えている。また、変調部103は、第1～第4のデジタル変調回路1031～1034を含み、復調部110は、第1～第4のフィルタ1101～1104と、第1～第4のデジタル復調回路1111～1114を含む。

【0048】次に、第1の実施例の光伝送システムの動作について説明する。アナログ／デジタル変換部101は、例えば映像信号のようなアナログ信号をサンプリングおよび量子化して、デジタル信号に変換する。階層分離部102は、このデジタル信号を、所定の階層化方式に従って、元のアナログ信号を構成する上での重要度に応じて、複数(図1では4つ)のグループのデジタル情報 $D_1 \sim D_4$ に分割する。変調部103内において、第1～第4のデジタル変調回路1031～1034は、これら第1～第4グループのデジタル情報 $D_1 \sim D_4$ に各々対応して設けられ、互いに異なる4つの周波数 f_1, f_2, f_3, f_4 の搬送波を用いて、当該グループのデジタル情報をデジタル変調信号に変換し、出力する。例えば、第1のデジタル変調回路1031は、周波数 f_1 の搬送波を用いて、第1グループのデジタル情報 D_1 をデジタル変調信号に変換する。なお、第1～第4の搬送波の周波数配置の例を、図2に示す。すなわち、本実施例では、最重要な第1グループのデジタル情報 D_1 の伝送に使用する搬送波周波数 f_1 を、最も低周波に配置し、重要度の最も低い第4のデジタル情報 D_4 の伝送に使用する搬送波周波数 f_4 を、最も高周波に配置する。

【0049】多重部104は、第1～第4のデジタル変調回路1031～1033から出力された全てのデジタル変調信号を周波数多重する。この周波数多重されたデジタル変調信号は、電気光変換部105で光信号に変換された後、光伝送路106を介して伝送される。光電気変換部107は、伝送されてきた光信号を電気信号に再変換する。この再変換によって得られた電気信号は、伝送路108を介して伝送され、分岐部109で4分岐された後、復調部110内の第1～第4のフィルタ1101～1104に入力される。第1～第4のフィルタ1101～1104、および第1～第4のデジタル復調回路1111～1114は、上記第1～第4グループのデジタル情報 $D_1 \sim D_4$ に対応して設けられ、当該デジタル変調信号のみを透過し、当該グループのデジタル情報を出力する。例えば、第1のデジタル復調回路1111は、第1グループのデジタル情報 D_1 を復調し、出力する。階層合成部112は、上記所定の階層化方式の逆の過程に従って、第1～第4グループのデジタル情報 $D_1 \sim D_4$ を、1つのデジタル信号に合成する。デジタル／アナログ変換部113は、階層

合成部112の出力をデジタル／アナログ変換することにより、アナログ信号を再生する。

【0050】上記所定の階層化方式としては、以下のような方式がある。例えば、このデジタル信号の量子化ビット数が“8”であり、下位より、 b_1 (LSB: Least Significant Bit), b_2 , b_3 , b_4 , b_5 , b_6 , b_7 , b_8 (MSB: Most Significant Bit)とした場合、最も重要なMSB近傍の2ビット b_8 , b_7 を第1のデジタル情報グループとし、 b_6 , b_5 を第2のデジタル情報グループとし、 b_4 , b_3 を第3のデジタル情報グループとし、最も重要度の低いLSB近傍の2ビット b_2 , b_1 を第4のデジタル情報グループとし、2ビットずつ分割する方法である。また、デジタル信号に、所定の時間／周波数変換を施して得られた各周波数成分情報について、これを4分割し、直流成分近傍の情報を第1グループのデジタル情報とし、最も高周波を表わす情報を第4グループのデジタル情報とする方法がある。なお、上記所定の時間／周波数変換としては、フーリエ変換や、離散コサイン変換(DCT)などがある。

【0051】(2) 第2の実施例

図3は、本発明の第2の実施例に係る光伝送システムの構成を示す図である。図3において、本実施例の光伝送システムは、アナログ／デジタル変換部101と、階層分離部102と、変調部103と、多重部104と、電気光変換部105と、光伝送路106と、光電気変換部107と、伝送路108と、分岐部109と、復調部110と、階層合成部112と、デジタル／アナログ変換部113とを備えている。また、変調部103は、第1～第3のデジタル変調回路1031～1033を含む。また、復調部110は、第1～第3のフィルタ1101～1103と、第1～第3のデジタル復調回路1111～1113を含む。

【0052】次に、上記第2の実施例の光伝送システムの動作について説明する。各構成要素の詳しい動作は、前述の第1の実施例と同様であるため、ここでは特徴的な動作についてのみ説明を行う。本実施例は、受信者が、品質の高い信号を受信する必要のない場合、あるいは品質の高い信号を受信できない場合の構成を示している。すなわち、分岐部109は、伝送路108から出力される信号を3分岐し、復調部110内の第1～第3のフィルタ1101～1103に各々入力する。第1～第3のフィルタ1101～1103、および第1～第3のデジタル復調回路1111～1113は、上記第1～第3グループのデジタル情報 $D_1 \sim D_3$ に対応して設けられ、これらを復調して出力する。従って、受信側において、第4グループのデジタル情報 D_4 は復調されない。階層合成部112は、この第4グループのデジタル情報 D_4 を用いずに、第1～第3グループのディジ

タル情報 $D_1 \sim D_3$ のみを用いてデジタル信号を合成し、出力する。なお、受信者が、品質の高い信号を受信できないケースとしては、例えば伝送路108の伝送可能帯域が狭く、第4のデジタル情報 D_4 の伝送を司るデジタル変調信号を伝送できない場合などがある。

【0053】(3) 第3の実施例

図4は、本発明の第3の実施例に係る光伝送システムの構成を示す図である。図4において、本実施例の光伝送システムは、第1～第3のアナログ／デジタル変換部4011～4013と、第1～第3の階層合成部4021～4023と、第1～第3の変調部4031～4033と、チャンネル多重部404と、電気光変換部405と、光伝送路406と、光電気変換部407と、伝送路408と、チャンネル分岐部409と、第1～第3の復調部4101～4103と、第1～第3の階層合成部4121～4123と、第1～第3のデジタル／アナログ変換部4131～4133とを備えている。なお、第1および第2の実施例と同様に、各変調部は4つのデジタル変調回路を備え、各復調部は4組のフィルタおよびデジタル復調回路を備えている。

【0054】次に、第3の実施例の光伝送システムの動作について説明する。本実施例は、前述した第1の実施例を、多チャンネル(図4では3チャンネル: C_1 , C_2 , C_3)伝送に拡張した場合の構成を示している。例えば、第1チャンネルの信号 C_1 は、第1のアナログ／デジタル変換部4011によってデジタル信号に変換された後、第1の階層分離部4021によって、重要度の異なる4グループのデジタル情報 $D_{11} \sim D_{14}$ に分割され、第1の変調部4031において、互いに異なる周波数 $f_{11} \sim f_{14}$ の4つの搬送波を用いて、各々デジタル変調信号に変換される。

【0055】図5は、第1～第3チャンネルの信号に各々割り当てられる4つの搬送波の周波数配置の一例を示している。図5に示すように、各チャンネルの信号に対する第1～第4の搬送波は、第1の実施例でも説明したごとく、重要なデジタル情報の伝送を司る搬送波を低周波側に、重要度の低いデジタル情報の伝送を司る搬送波を高周波側に配置するものとする。また、全伝送帯域を低周波数域から高周波数域にかけて第1～第4の情報伝送帯域に分割し、全チャンネルの信号に対する全ての第1の搬送波を第1の情報伝送帯域に、全ての第2の搬送波を第2の情報伝送帯域に、全ての第3の搬送波を第3の情報伝送帯域に、全ての第4の搬送波を第4の情報伝送帯域に配置する。なお、本実施例では、全伝送帯域を4つの情報伝送帯域に分割し、各情報伝送帯域内に、全てのチャンネルのいずれかの階層の信号が含まれるようにしているが、このような情報伝送帯域を設けることなく、全チャンネルの全階層情報の重要度を1元的に順位付けし、この順位に従って各搬送波を周波数軸上で配置するようにしてもよい。

【0056】チャンネル多重部404は、全変調部4031~4033から出力される全てのデジタル変調信号を周波数多重する。この周波数多重信号は、電気光変換部405~伝送路408を介して伝送された後、チャンネル分岐部409において3分岐され、各チャンネル信号に対応して設けられた第1~第3の復調部4101~4103に各々入力される。例えば、第1の復調部4101では、第1チャンネルの信号 C_1 に対応する周波数 f_{11} 、 f_{12} 、 f_{13} 、 f_{14} の4つのデジタル変調信号のみが透過、復調され、4グループのデジタル情報 D_{11} 、 D_{12} 、 D_{13} 、 D_{14} として出力される。そして、第1の階層合成部4121によって1つのデジタル信号に合成され、第1のデジタル/アナログ変換部4131によってアナログ信号に再変換されて出力される。

【0057】(4) 第4の実施例

図6は、本発明の第4の実施例に係る光伝送システムの構成を示す図である。図6において、本実施例の光伝送システムは、第1~第3のアナログ/デジタル変換部4011~4013と、第1~第3の階層合成部4021~4023と、第1~第3の変調部4031~4033と、チャンネル多重部404と、電気光変換部405と、光伝送路406と、光分配部600と、第1および第2の光電気変換部6071および6072と、第1および第2の伝送路6081および6082と、第1および第2のチャンネル分岐部6091および6092と、第1~第6の復調部6101~6106と、第1~第6の階層合成部6121~6126と、第1~第6のデジタル/アナログ変換部6131~6136とを備えている。なお、前述した第1~第3の実施例と同様、各変調部は4つのデジタル変調回路を備え、各復調部は4組のフィルタおよびデジタル復調回路を備えている。

【0058】次に、第4の実施例の光伝送システムの動作について説明する。本実施例は、第3の実施例を、受信者（または光電気変換部）が複数（図6では2つ）の場合に適応した構成を示している。第1~第3チャンネル信号 $C_1 \sim C_3$ は、各々4つの階層のデジタル情報グループに分離後、各々デジタル変調信号に変換され、周波数多重され、光信号に変換され光伝送路406を伝送される。この光信号は、光分配部600によって2分岐された後、2つの光電気変換部、すなわち第1および第2の光電気変換部6071および6072に入力される。例えば、第1の光電気変換部6071は、受信した光信号を電気信号に再変換し、この再変換によって得られた電気信号は、第1の伝送路6081を介して伝送された後、第1のチャンネル分岐部6091で3分岐され、第1の受信者が有する3つの復調部、すなわち第1~第3の復調部6101~6103に各々入力される。例えば、第1の復調部6101において復調された第1チャンネルの信号 C_1 に対応する4つのグループのデジタル情報 D_{11} 、 D_{12} 、 D_{13} 、 D_{14} は、第1の階層

合成部6121によって1つのデジタル信号に合成され、第1のデジタル/アナログ変換部6131によってアナログ信号に再変換される。

【0059】なお、第2の受信者が有する各復調部、各階層合成部、各デジタル/アナログ変換部は、第2の実施例と同様、第2の受信者が要求する信号品質に応じて、あるいは伝送路の伝送可能帯域等に応じて、復調、合成およびデジタル/アナログ変換を行う。例えば、図7に示すように、第2の伝送路6082の伝送可能帯域が狭い場合、受信側では、各チャンネル信号の第1~第3グループのデジタル情報（第1~第3の情報伝送帯域に配置される第1~第3の搬送波が伝送する情報）のみを復調し、各アナログ信号を再生する。

【0060】(5) 第5の実施例

図8は、本発明の第5の実施例に係る光伝送システムの構成を示す図である。図8において、本実施例の光伝送システムは、第1~第3のアナログ/デジタル変換部4011~4013と、第1~第3の階層合成部4021~4023と、第1~第3の変調部4031~4033と、チャンネル多重部404と、電気光変換部405と、光伝送路406と、光電気変換部407と、電気分配部800と、第1および第2の伝送路6081および6082と、第1および第2のチャンネル分岐部6091および6092と、第1~第6の復調部6101~6106と、第1~第6の階層合成部6121~6126と、第1~第6のデジタル/アナログ変換部6131~6136とを備えている。なお、前述した第1~第4の実施例同様、各変調部は4つのデジタル変調回路を備え、各復調部は4組のフィルタおよびデジタル復調回路を備えている。

【0061】次に、上記第5の実施例の光伝送システムの動作について説明する。本実施例は、上述の第4の実施例と同様に、第3の実施例を、受信者が2の場合に適応した場合の構成であるが、信号の2分岐を光信号レベルで行なう第4の実施例と異なり、電気信号レベルで2分岐を行なうものである。すなわち、第1~第3チャンネル信号 $C_1 \sim C_3$ は、各々4つの階層のデジタル情報グループに分離後、各々デジタル変調信号に変換、周波数多重され、光信号に変換され、光伝送路を伝送された後、1つの光電気変換部407によって電気信号に再変換される。この電気信号は、電気分配部800によって2分岐され、第1および第2の受信者の有する各チャンネル分岐部、すなわち、第1および第2のチャンネル分岐部6091および6092に各々入力される。チャンネル分岐部、復調部、階層合成部、デジタル/アナログ変換部は、各々第4の実施例と同様に、3チャンネルのアナログ信号 C_1 、 C_2 、 C_3 を再生する。なお、本実施例の場合も、第2の伝送路6082の伝送可能帯域に制限されて、第2の受信者では、第1~第3の情報伝送帯域によって伝送される第1~第3のディジタ

ル情報のみから、各アナログ信号を再生する。

【0062】なお、以上説明した各実施例では、アナログ信号をデジタル信号に変換した後、階層分割および多重化して光伝送するようにしているが、デジタルデータを階層分割および多重化して光伝送する場合にも本発明を適用することができる。この場合、例えば第1の実施例で言えば、アナログ／デジタル変換部101およびデジタル／アナログ変換部113が不要となる。他の実施例においても同様である。

【0063】従来技術の欄で述べたように、一般的に光伝送システムにおいて、搬送波周波数の高いデジタル変調信号の波形劣化は大きくなる。そのため、以上説明した各実施例では、重要度の高いデジタル情報を伝送する帯域として低周波数域を用い、重要度の低いデジタル情報を伝送する帯域として高周波数域を用いるようにしている。しかしながら、多チャンネルの信号の伝送時において特定の次数の歪みについての波形劣化を問題とする場合は、伝送特性の良好でない帯域が高域に分布しているとは限らないので、重要度の低いデジタル情報を伝送するために、高域以外の他の帯域が用いられる場合もある。例えば、3次歪みは、全伝送帯域中の中間帯域で大きくなるので、3次歪みによる波形劣化を問題とする場合、重要度の低いデジタル情報は、中間帯域を用いて伝送される。また、2次歪みは、全伝送帯域中の高域および低域で大きくなるので、2次歪みによる波形劣化を問題とする場合、重要度の低いデジタル情報は、高域または低域を用いて伝送される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施例の光伝送システムにおけるデジタル変調用搬送波の周波数配置の一例を示す図である。

【図3】本発明の第2の実施例に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図4】本発明の第3の実施例に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図5】本発明の第3の実施例の光伝送システムにおけるデジタル変調用搬送波の周波数配置の一例を示す図である。

【図6】本発明の第4の実施例に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図7】本発明の第4の実施例の光伝送システムにおける使用可能伝送帯域の一例を示す図である。

【図8】本発明の第5の実施例に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図9】従来の光伝送システムの第1の例を示すブロッ

ク図である。

【図10】従来の光伝送システムの第2の例を示すブロック図である。

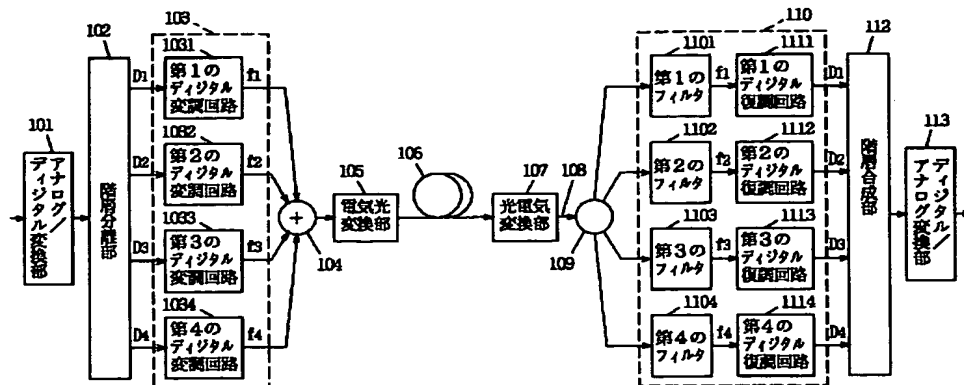
【図11】従来の光伝送システムの第3の例を示すブロック図である。

【図12】従来の光伝送システムの第3の例におけるデジタル変調用搬送波の周波数配置の一例を示す図である。

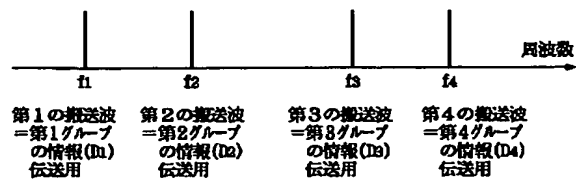
【符号の説明】

101…アナログ／デジタル変換部
 102…階層分離部
 103…変調部
 1031～1034…第1～第4のデジタル変調回路
 104…多重部
 105…電気光変換部
 106…光伝送路
 107…光電気変換部
 108…伝送路
 109…分岐部
 110…復調部
 1101～1104…第1～第4のフィルタ
 1111～1114…第1～第4のデジタル復調回路
 112…階層合成部
 113…デジタル／アナログ変換部
 4011～4013…第1～第3のアナログ／デジタル変換部
 4021～4023…第1～第3の階層分離部
 4031～4033…第1～第3の変調部
 404…チャンネル多重部
 405…電気光変換部
 406…光伝送路
 407…光電気変換部
 408…伝送路
 409…チャンネル分岐部
 4101～4103…第1～第3の復調部
 4121～4123…第1～第3の階層合成部
 4131～4133…第1～第3のデジタル／アナログ変換部
 600…光分配部
 6071, 6072…第1, 第2の光電気変換部
 6081, 6082…第1, 第2の伝送路
 6091, 6092…第1, 第2のチャンネル分岐部
 6101～6106…第1～第6の復調部
 6121～6131…第1～第6の階層合成部
 6131～6136…第1～第6のデジタル／アナログ変換部
 800…電気分配部

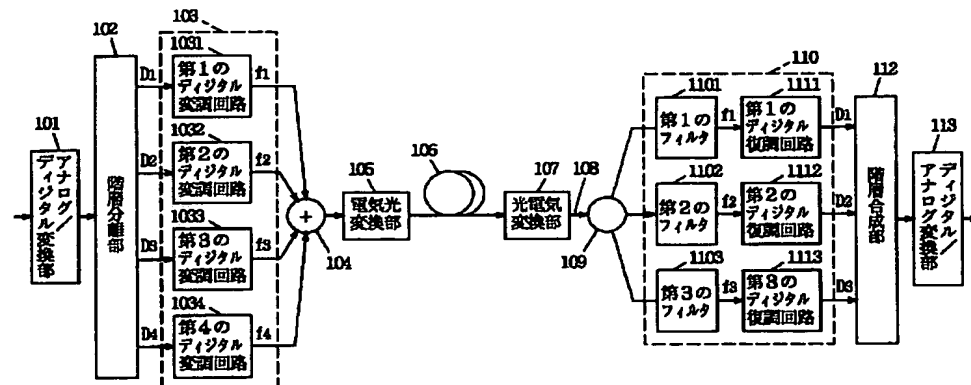
【図1】



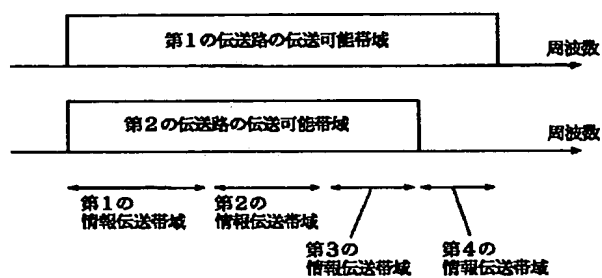
【図2】



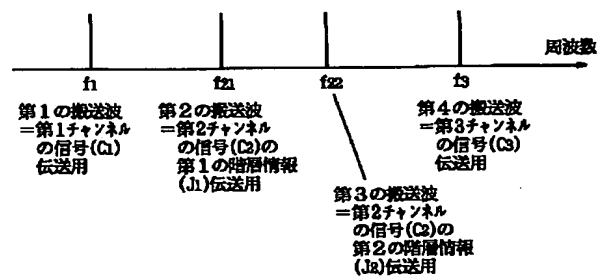
【図3】



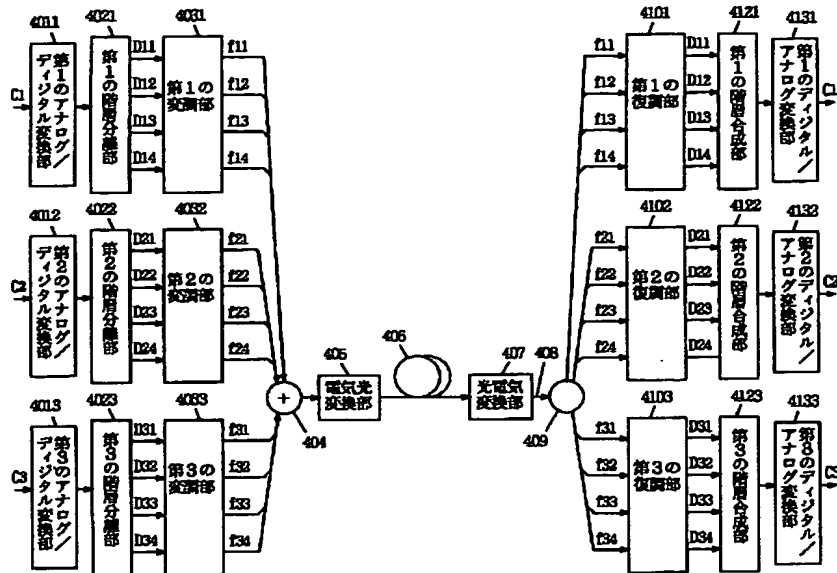
【図7】



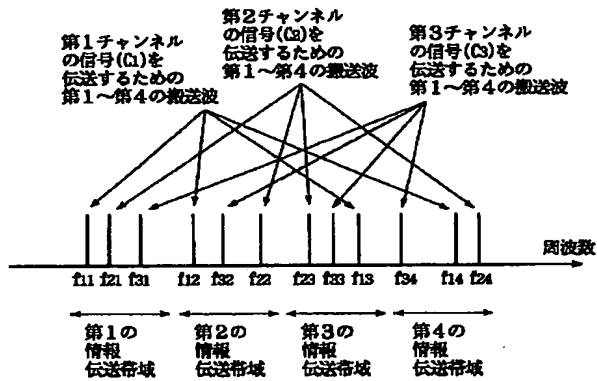
【図12】



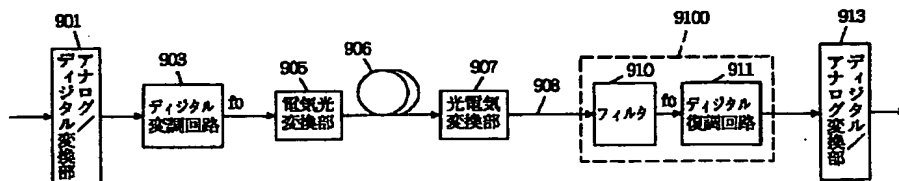
【図4】



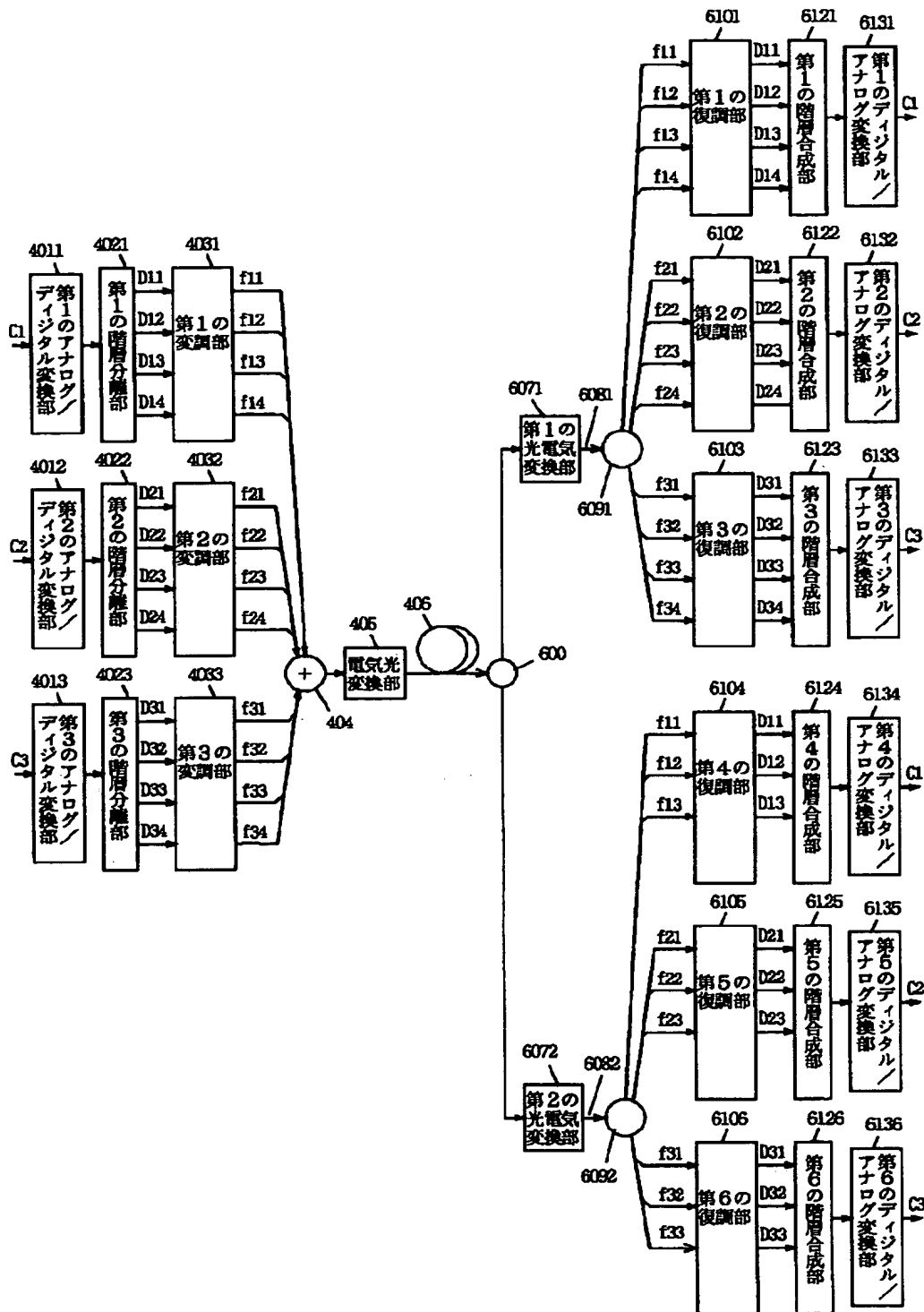
【図5】



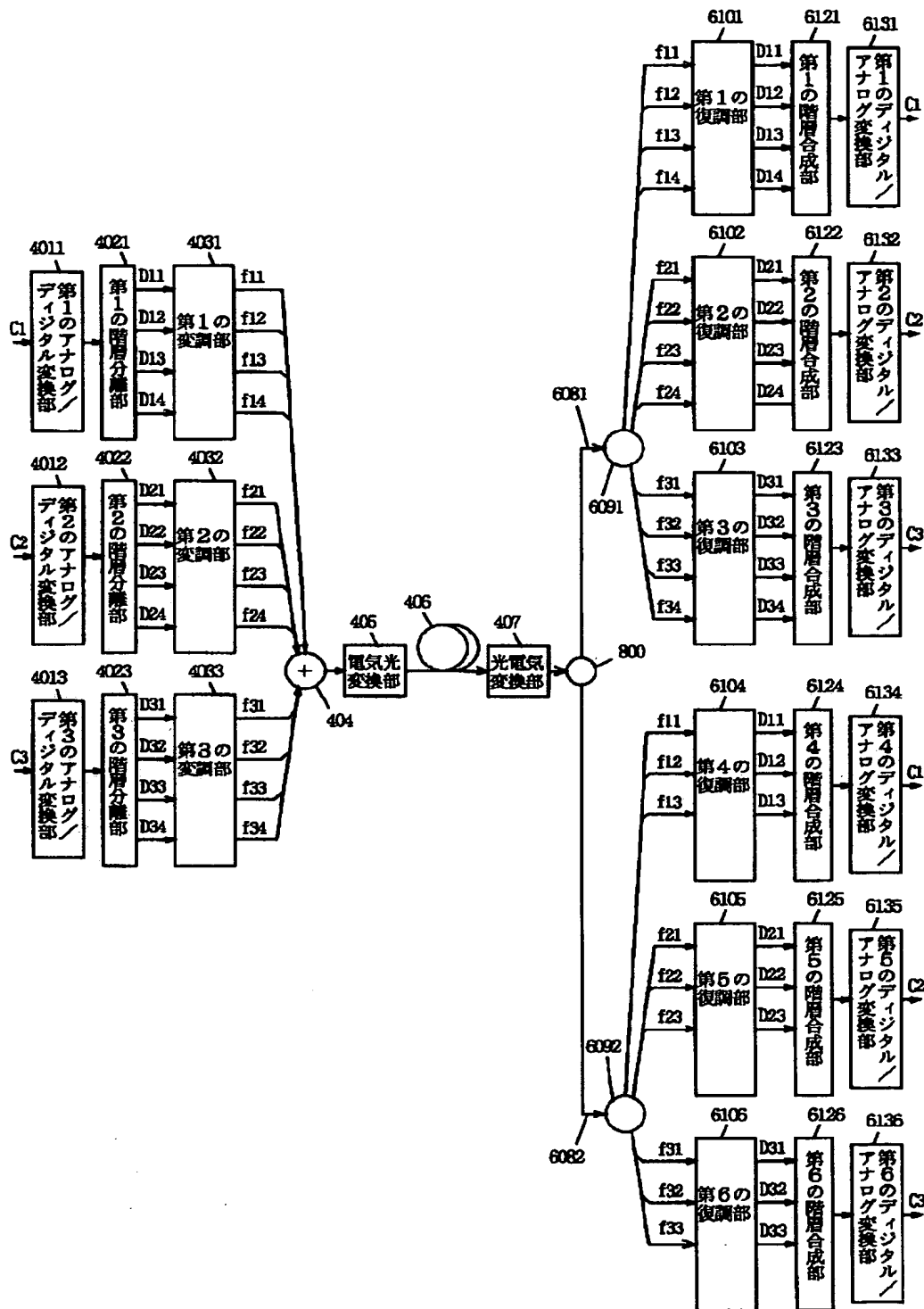
【図9】



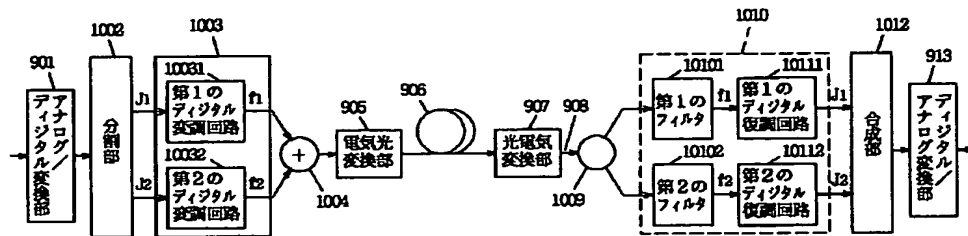
【図6】



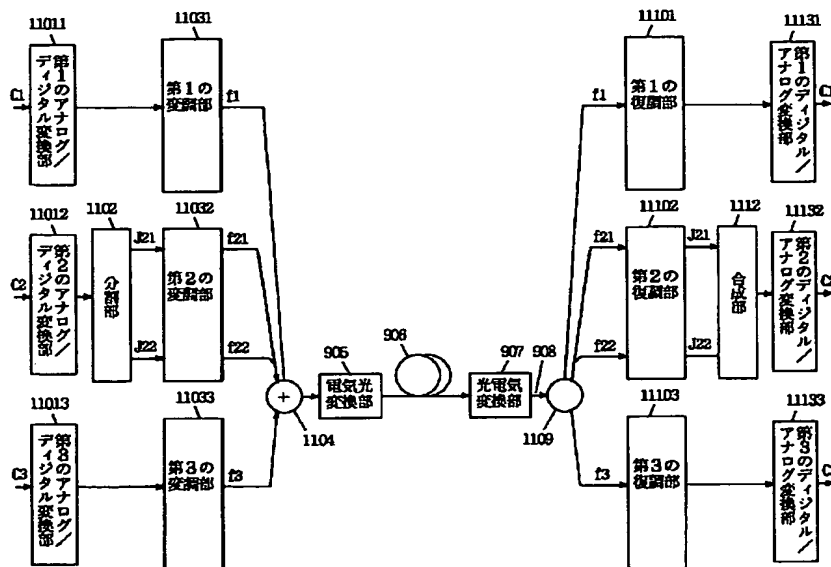
【図8】



【図10】



【図11】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.